

고분자 전해질 연료전지의 막/전극 계면 안정성 향상에 관한 연구



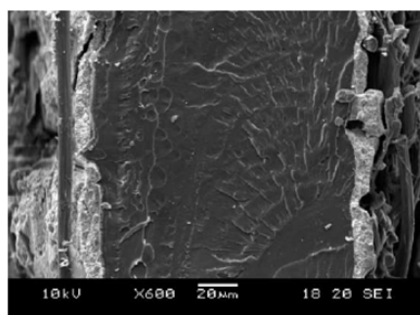
박정기

1970~1974	서울대 화학공학과(공학사)
1974~1976	KAIST 화학공학과(공학석사)
1982~1986	Stanford University 화학과(이학박사)
1976~1977	영남화학(주) Process Engineer
1977~1979	LG화학(주) Project Engineer
1979~1981	LG석유화학(주) 기술개발과장
1981~1982	한국기술개발(주) 책임심사역
1986~1987	제철화학(주) 중앙연구소 수석연구원
1987~현재	KAIST 생명화학공학과 교수

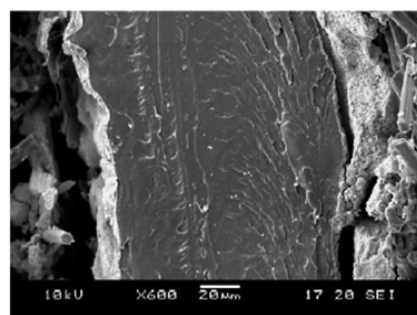
최근 에너지 고갈, 환경 문제 등이 전 세계적인 이슈가 되면서 화석 연료의 대안으로 수소 에너지와 이를 사용하는 연료전지의 중요성이 강조되고 있다. 연료전지는 전해질의 종류에 따라 여러 종류가 있으며, 이들 중 고분자 연료전지(PEMFC) 및 직접메탄올 연료전지(DMFC)는 이온전도성을 갖는 고분자 막을 전해질로 사용하고 있다. 이러한 PEMFC와 DMFC의 상업화를 위한 장기성능은 막/전극 접합체(MEA)의 성능에 의해 매우 크게 영향을 받는다. 지금까지 MEA에 관한 대부분의 연구는 각각의 성분에 대하여 독립적으로 진행되어 왔으나, 최근 들어 MEA의 성능에 영향을 미치는 주요 요소의 하나로 막과 전극이 접하는 계면에서의 중요성이 인식되고 있다. 특히, 막/전극 계면 탈리가 연료전지의 장기 구동에 따른 성능 저하의 가장 큰 요인의 하나로 대두됨에 따라 본 연구실에서는 이러한 문제점을 해결하고자 계면 안정성이 우수한 MEA 개발을 위해 ① 고분자전해질 막 표면 개질, ② MEA의 열처리, ③ 친 상업적 고분자전해질 막의 개발 및 막과의 상용성이 우수한 전극용 고분자전해질의 개발, ④ 계면 특성 향상을 위한 MEA 제조 공정 개선, ⑤ 전극내의 고분자전해질의 물리적 구조제어 등과 같이 여러 방면에서의 접근을 선도적으로 시도하였다.

기존의 Nafion 막을 중심으로 구성된 MEA의 경우, Nafion 막의 표면에 낮은 유리전이온도를 가진 poly(vinylidene difluoride) (PVdF)를 코팅함으로써 막 표면의 유연성을 증가시켰다.¹ 그 결과, 주어진 열압착 조건에서의 막/전극 접합성이 향상되어 기존의 MEA에 비해 우수한 계면 안정성을 보였다(그림 1). 또한, MEA의 열처리를 통해 전극용 고분자 바인더의 물성을 향상시켜 막/전극 계면 탈리의 원인 중 하나인 전극내 고분자 바인더의 손실을 감소시킴으로써 장기 구동 후에도 막과 전극의 계면을 안정적으로 유지할 수 있었다(그림 2).²

한편, Nafion 막을 대체하기 위해 개발되고 있는 탄화수소계 고분자 전해질 막이 도입된 MEA는 Nafion을 기초로 한 기존의 전극과의 낮은 상용성으로 인해 막/전극 계면의 안정성 문제는 더욱 심각한 양상을 보인다. 이러한 단점을 보완하고자 전해질 막과 유사한 구조를 갖는 고분자 전해질을 전극 바인더로 사용하여 막과 전극의 상용성을 높이고자 하였다.^{3,4} 대체막의 한 종류인 sulfonated poly(ether ether ke-



(a)



(b)

그림 1. PVdF 코팅에 따른 MEA의 SEM 단면 이미지. (a) 코팅층이 도입된 MEA and (b) 코팅층이 도입되지 않은 MEA.

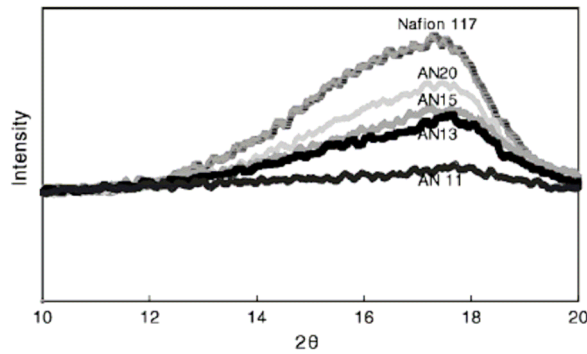


그림 2. 열처리 온도에 따른 전극용 고분자 바인더의 물성 변화. AN XX: XX * 10 °C에서 열처리한 전극용 고분자 바인더.

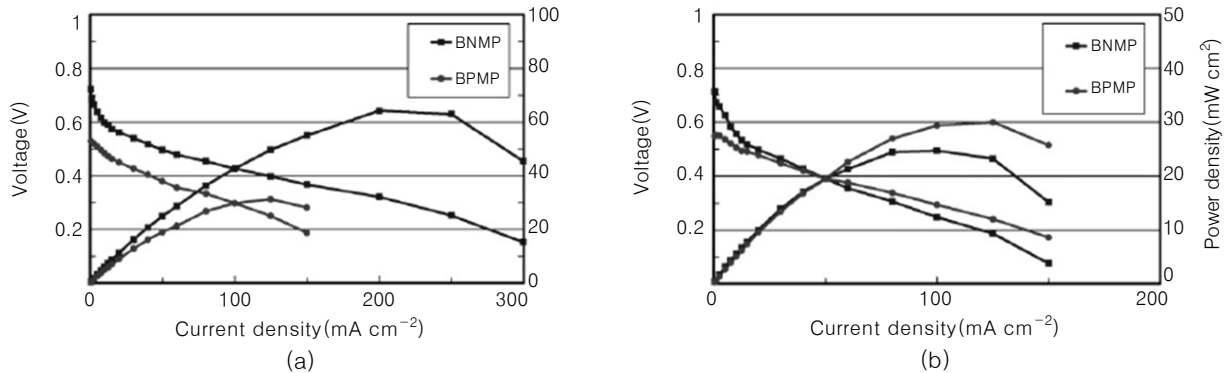


그림 3. 전극내 고분자 바인더의 종류에 따른 셀 성능. (a) 구동 3일째의 성능 and (b) 구동 10일째의 성능. BNMP: Nafion 전극과 sPEEK 막을 사용한 MEA, BPMP: sPEEK 전극과 sPEEK 막을 사용한 MEA.

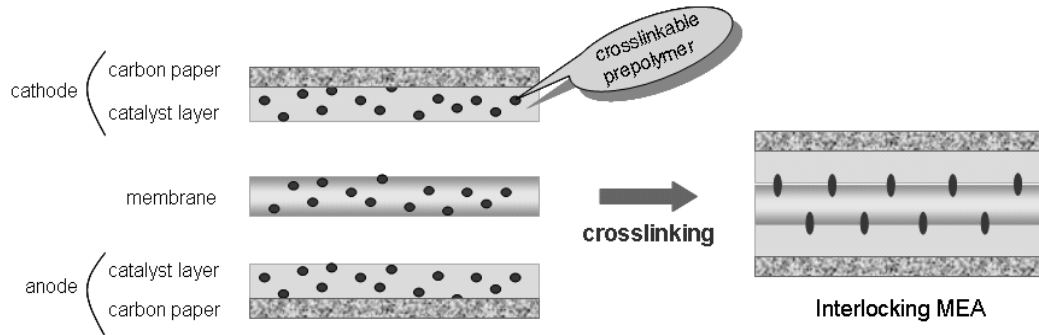


그림 4. 가교 가능한 고분자를 이용한 막/전극 접합체.

ketone) (sPEEK)을 전해질 막으로 사용하고 동일물질을 전극 바인더로 사용한 결과, 일정 기간 후에도 안정적인 성능을 보이는 MEA를 개발할 수 있었다(**그림 3**). 이온전도성 고분자 전해질로 sulfonated poly(arylene ether sulfone) (sPAES)를 막과 전극바인더로 사용한 MEA에서도 위와 비슷한 결과를 나타내었다. 또한, 나피온의 대체막이 도입된 MEA의 계면 안정성 향상을 위한 방법의 하나로 막과 전극 사이에 가교 가능한 고분자를 도입하고 열압착 공정 중에 이를 가교시킴으로써 막과 전극의 화학적 결합을 유도하였다(**그림 4**). 이 방법을 통해 제조된 MEA는 장기구동 후에도 저항(ohmic resistance)의 변화를 보이지 않고 가교가 도입되지 않은 MEA에 비해 성능의 우수한 장기안정성을 보였다.

참고문헌

1. K. Y. Cho, H. Y. Jung, N. S. Choi, S. J. Sung, and J. K. Park, *Solid State Ionics*, **176**, 3027 (2005).
2. H. Y. Jung, K. Y. Cho, Y. M. Lee, J. K. Park, J. H. Choi, and Y. E. Sung, *Journal of Power Sources*, **163**, 952 (2007).
3. H. Y. Jung, K. Y. Cho, K. A. Sung, W. K. Kim, and J. K. Park, *Journal of Power Sources*, **163**, 56 (2006).
4. H. Y. Jung, K. Y. Cho, K. A. Sung, W. K. Kim, M. Kurkuri, and J. K. Park, *Electrochimica Acta*, **52**, 4916 (2007).